

# Indicadores de evaluación del nivel de sustentabilidad del proyecto Tren Interurbano México - Toluca

Isidro Yair Nieves Rafael<sup>1</sup>

Jaime Castro Campos<sup>2</sup>

## Resumen

En décadas recientes, se han impulsado iniciativas enfocadas a la satisfacción de necesidades humanas con la condición de minimizar los efectos negativos hacia los ecosistemas y tratando de alcanzar el bienestar social, lo que se conoce como sustentabilidad o desarrollo sustentable (DS). Una de esas necesidades es la movilidad a través de sistemas de transporte sustentables, estos sistemas incluyen infraestructura, consumo de energía, recursos, materiales y mano de obra, lo que se ha visto influenciado por el contexto mundial ante la demanda de materiales y energéticos por los conflictos bélicos, económicos y la crisis sanitaria. La sustentabilidad implica garantizar que las infraestructuras que construimos son compatibles con los objetivos sociales y medioambientales además de contribuir a mejorar los medios de vida y el bienestar social. Por lo que para orientarnos en la designación de “sustentable” de los proyectos de infraestructura de transporte, debemos evaluar el nivel de sustentabilidad considerando los atributos además de los efectos que tendrán lugar a lo largo del ciclo de vida. Se ha comprobado que los sistemas de indicadores de sustentabilidad son útiles para realizar esta evaluación, cubriendo aspectos pobremente abordados por el procedimiento de evaluación de impacto ambiental, al menos como se implementa en México.

El objetivo de esta investigación es evaluar el nivel de sustentabilidad del proyecto de infraestructura de transporte TIMT a través de indicadores agrupados en cuatro dimensiones (económica, social, ambiental e institucional) durante todo su ciclo de vida que permita adoptar decisiones oportunas a favor de un desarrollo sustentable. En este avance de investigación, se muestra el cumplimiento al objetivo particular de seleccionar los indicadores de evaluación. Se obtuvieron 89 indicadores divididos en 15 criterios para las cuatro dimensiones. Se observó que la elección de estos es sensible al contexto en el que se ubica el proyecto y que en la fase de ponderación se manifieste cierto nivel de influencia del contexto mundial, al menos en las dimensiones social y económica.

**Conceptos clave:** Indicadores de Sustentabilidad, Infraestructura sustentable, Transporte sustentable

## Introducción

La infraestructura “resulta fundamental para el crecimiento económico, el que a su vez facilita el tránsito hacia el desarrollo. Pero crecimiento económico no necesariamente conlleva desarrollo” (Santes y Reimann, 2013). Existe un aumento de los conflictos socioambientales en torno a proyectos de infraestructura (Paz, 2012), ya que el

---

<sup>1</sup> Estudiante de la Maestría en Ciencias en Estudios Ambientales y de la Sustentabilidad del CIEMAD, Instituto Politécnico Nacional. Núm. inievesr2100@alumno.ipn.mx

<sup>2</sup> Profesor Investigador del CIEMAD del Instituto Politécnico Nacional. Núm. jcastroc60@gmail.com

establecimiento de un proyecto de infraestructura provoca una serie de impactos sociales negativos que se manifiestan en descontento ciudadano y el surgimiento de diversas movilizaciones (Morales, 2018). Los promotores utilizan la marca “sustentable” para exponer los beneficios de su construcción, haciendo uso de campañas mediáticas para exponer los beneficios hacia el ambiente y la reducción en los tiempos de traslado (Pérez y Téllez, 2018). Estos beneficios no compensan la grave degradación de los sistemas y recursos naturales y la pérdida de calidad de vida en las regiones donde se emplazan (Chapela y Merino, 2015).

Como se plantea, el desarrollo de proyectos afecta tanto al ambiente como a lo social. Bolívar (2021) expone que, antes de autorizarlo, los gobiernos deberían implementar una serie de medidas preventivas, que consideren el impacto ambiental, social y económico que la construcción de un nuevo proyecto significa. La evaluación de impacto ambiental (EIA) en México, aborda apenas los aspectos sociales y los efectos que las infraestructuras tendrán. La evaluación de impacto social (EIS) podría servir para apuntalar esta deficiencia, pero está acotada a proyectos energéticos. Un instrumento de medición que incluya la evaluación de impactos sociales y ambientales, considerando los aspectos económicos y políticos cumpliría mejor la función en el contexto de la sustentabilidad.

Actualmente, resulta ineludible que los proyectos de infraestructura se enmarquen en los paradigmas de la sustentabilidad y sus dimensiones económica, social, ambiental e institucional, lo que implica, como lo plantean Zhang et al. (2014), la necesidad de una evaluación más precisa del nivel de sustentabilidad de los proyectos de infraestructura, asimismo desarrollar mejores métodos de medición y evaluación. Para saber en qué medida se progresa hacia este objetivo es necesario medirlo a través de “indicadores de sustentabilidad” (De la Cruz et al., 2010).

Durante el sexenio 2012 - 2018, se relanzó el tren de pasajeros como una opción rápida, segura y sustentable de transporte interurbano. El proyecto Tren Interurbano México- Toluca (TIMT), unirá el Valle de Toluca con el Valle de México. Este se promovió mencionando algunos de los beneficios hacia los usuarios y hacia el medio ambiente. La administración pública le colocó la etiqueta de transporte sustentable. Sin embargo, al primer trimestre de 2022, el presupuesto destinado ha aumentado casi 1.7 veces, el tiempo de ejecución pasó de 2 a 9 años, el avance de obra es del 76.89%. Además, han surgido conflictos con comunidades que manifiestan afectaciones a su territorio y viviendas.

El objetivo de esta investigación es evaluar el nivel de sustentabilidad del proyecto de infraestructura de transporte TIMT a través de indicadores agrupados en cuatro dimensiones (económica, social, ambiental e institucional) durante todo su ciclo de vida que permita adoptar decisiones oportunas a favor de un desarrollo sustentable.

## **Sustentabilidad**

Ante un escenario con recursos naturales limitados y necesidades ilimitadas, en décadas recientes, se han propuesto y establecido esfuerzos para equilibrar la satisfacción de dichas necesidades con la disponibilidad de recursos del planeta Tierra. El primer registro de mayor impacto se refiere al informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo “Nuestro futuro común”, o informe Brundtland, en éste se menciona que el Desarrollo

Sustentable (DS) consiste en asegurar que se “satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias” (Naciones Unidas, 1987). La ONU (1997) establece que “El desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente son componentes del desarrollo sostenible que tienen una relación de interdependencia y se refuerzan recíprocamente”, es entonces que emanan las tres principales dimensiones del DS: económica, social y ambiental.

En México, la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), define desarrollo sustentable como:

“El proceso evaluable mediante criterios e indicadores del carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras” (Presidencia de la República, 2021).

En esa definición de retoma la esencia de la contenida en el Informe Brundtland, además deja claro el requisito de evaluar y realizar esta evaluación a través de criterios e indicadores que permitan considerar al menos las dimensiones ambiental, económica y social. En el concepto de sustentabilidad se incorporan palabras que debemos considerar como claves, entre ellas están: necesidad y satisfacción.

Gutiérrez Barba (2016) complementa los acercamientos ya revisados, primero al proponer que la sustentabilidad o desarrollo sustentable está definida por múltiples dimensiones (más allá de la social, la económica y la ambiental). Además, su propuesta de que el concepto puede ser construido dependiendo de la organización y ámbito donde se gestione la sustentabilidad, abre la posibilidad de que esos otros aspectos, como la espiritualidad y la interculturalidad, influyan en el perfil en su definición y que se ajuste a lo que busque cada organización considerando su propio contexto.

La sustentabilidad ha sido considerada durante mucho tiempo como la interconexión entre las dimensiones social, ambiental y económica del desarrollo (Batacharya et al, 2019), esta interconexión puede ser gestionada a través de otra dimensión: la institucional, que incluye sistemas de gestión y de gobierno. El reto actual es incorporar el concepto y los postulados de sustentabilidad a ámbitos de desarrollo, como los proyectos de infraestructura de transporte. Zarta (2018) expone que “el uso indiscriminado al término «sostenible» ha generado un agotamiento de su acepción inicial ya que, según los mejores cánones del marketing futurista, hoy en día todo es sostenible”, por ello la mala interpretación de los términos puede dar lugar a una mala implementación en la práctica. Por ejemplo, los promotores de los proyectos de infraestructura de transporte utilizan la marca “sustentable” para exponer los beneficios de su construcción, haciendo uso de campañas mediáticas para exponer los beneficios hacia el ambiente, y la reducción en los tiempos de traslado (Pérez y Téllez, 2018). En el siguiente apartado se presentan las concepciones que incluyen la relación entre infraestructura, transporte y sustentabilidad.

## **Infraestructura, transporte y sustentabilidad**

La importancia de la infraestructura de transporte queda de manifiesto, el reto actual es incorporar el concepto y los postulados de sustentabilidad a estos ámbitos de desarrollo. Shaw y colaboradores (2012) exponen que con la creciente concienciación sobre la sustentabilidad se debe considerar y afrontar el reto de reducir los impactos que los activos de las infraestructuras tienen sobre el medio ambiente y la sociedad, de ahí nace la idea de la infraestructura sustentable (IS). La IS es social, económica y ambientalmente sustentable (Bhattacharya et al, 2016):

“La IS se refiere a proyectos de infraestructura que son planificados, diseñados, construidos, operados y desmantelados, asegurando la sustentabilidad económica y financiera, social, ambiental (incluyendo la resiliencia climática), e institucional a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto” (Bhattacharya et al., 2019: p23).

Dicha definición considera el ciclo de vida de un proyecto de infraestructura desde la planificación hasta la etapa de desmantelamiento, las tres dimensiones de la línea base y adiciona la dimensión institucional, refiriéndose esta a los sistemas de gestión y gobierno.

Un sistema de transporte sustentable, “está diseñado, construido y operado de una manera que fomenta la gestión ambiental, la prosperidad económica y el bienestar social dentro de la región a la que sirve” (Mendoza et al., 2021). Para Bueno et al. (2015) un proyecto de transporte sustentable será considerado como tal “cuando contribuya a favorecer el desarrollo económico y a satisfacer las necesidades de transporte de la sociedad de forma coherente con las leyes naturales y los valores humanos”. También exponen que la medida de la sustentabilidad es sensible al contexto en el que se ubica el proyecto y que para una definición adecuada se debe incluir todo el ciclo de vida. La sustentabilidad significa garantizar que las infraestructuras que construimos son compatibles con los objetivos sociales y medioambientales además de contribuir a mejorar los medios de vida y el bienestar social (Corfee-Morlot et al., 2016). Por lo que para orientarnos en la designación de “sustentable” de los proyectos de infraestructura de transporte, debemos medir, evaluar la sustentabilidad considerando las definiciones expuestas y los conceptos que se incluyen en ellas al momento de establecer los indicadores a utilizar.

## **Evaluación de sustentabilidad de proyectos de infraestructura**

Para maximizar la posibilidad de alcanzar los ODS, es necesario desarrollar herramientas de evaluación e información de la sustentabilidad para informar a las partes interesadas sobre los progresos que se están realizando para alcanzarlos (Alnoaimi y Rahman, 2019). La evaluación de la sustentabilidad debe comenzar con la valoración y la toma de decisiones, ya que, en este punto, los responsables de la toma de decisiones tienen una gran influencia en el futuro rendimiento de la sustentabilidad del proyecto (Bueno et al., 2015).

Alrededor del mundo, existen herramientas y marcos metodológicos que abordan la evaluación de la sustentabilidad en infraestructura, lo que refleja la necesidad y el interés por este campo en la comunidad científica, empresarial y gubernamental. Un sistema de calificación de la sustentabilidad es “un conjunto de buenas prácticas que evalúa la sustentabilidad mediante la puntuación de una serie de indicadores” (Hart, 2006, citado por

Diaz-Sarachaga et al., 2016). El principal objetivo de la mayoría estos sistemas es establecer una herramienta para fomentar la aplicación de prácticas de sustentabilidad más allá de los objetivos mínimos reglamentarios y comunicar los conceptos de sustentabilidad de forma comprensible a todas las partes interesadas (Diaz-Sarachaga et al, 2016).

Ante la diversidad de estos métodos o sistemas, Awasthi y colaboradores (2011) y Bueno y colaboradores (2015) clasifican los sistemas de evaluación de la sustentabilidad de los sistemas e infraestructuras de transporte. La primera clasificación considera los enfoques eficaces para la toma de decisiones, mientras que la segunda incluye métodos y herramientas que evalúan en la práctica los proyectos, estos abarcan tanto las metodologías tradicionales como una serie de herramientas de sustentabilidad actuales. En la Tabla 1 se muestran las clasificaciones mencionadas; los análisis de decisiones multicriterio o *MCDA* (por sus siglas en inglés), son relevantes en ambas clasificaciones, pues coinciden en que son útiles y parece ser la técnica más adecuada por su flexibilidad para incorporar los impulsores de la sustentabilidad.

Tabla 1. Clasificaciones de los sistemas de evaluación de la sustentabilidad de los sistemas e infraestructuras de transporte.

Clasificación Awasthi y colaboradores (2011)	Clasificación Bueno y colaboradores (2015)
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Análisis del ciclo de vida (LCA).</li> <li>2. Análisis costo-beneficio (CBA) y análisis de costo-efectividad (CEA).</li> <li>3. Evaluación de impacto ambiental (EIA).</li> <li>4. Modelos de optimización.</li> <li>5. Sistema de modelos dinámicos.</li> <li>6. Modelos de indicadores de evaluación.</li> <li>7. Método de análisis de datos.</li> <li>8. Análisis de decisiones multicriterio (MCDA).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Métodos de evaluación de proyectos para la toma de decisiones.</li> <li>2. Técnicas para evaluar los impactos ambientales /sociales.</li> <li>3. Metodologías de evaluación de la sustentabilidad, incluidos los sistemas y marcos de clasificación y las directrices de evaluación</li> </ol>

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes mencionadas.

Si bien existen herramientas para medir la sustentabilidad de proyectos de infraestructura, como CEEQUAL creado en Reino Unido, Envision e INVEST creados en Estados Unidos, diversos estudios (Shaw et al., 2012, Bueno et al., 2015, Diaz-Sarachaga et al., 2016) concluyen que estas herramientas están sesgadas hacia la dimensión medioambiental, se limitan a reunir las mejores prácticas, se orientan principalmente a los países desarrollados y, para ser aplicados a proyectos fuera de sus países de origen, se debe realizar una adecuación en el contexto país. Bueno et al (2015) concluyen que, entre las herramientas existentes, el enfoque de análisis de decisiones multicriterio parece ser la técnica más adecuada por su flexibilidad para incorporar los impulsores de la sostenibilidad.

La bibliografía sugiere una combinación del MCDA con otras herramientas para una evaluación más completa de la sustentabilidad de los proyectos de transporte (Bueno et al., 2015 y Sierra et al., 2018), puesto que se facilita el tratamiento más representativo de los datos. Así, los métodos multicriterio se convierten en métodos híbridos para abordar las diferentes realidades del proceso de evaluación (Sierra et al., 2018). En este sentido, un sistema basado en la MCDA considerando las fortalezas y dinámicas de los sistemas de calificación y herramientas de certificación puede ser de utilidad para brindar certeza en la evaluación del nivel de sustentabilidad de proyectos de infraestructura de transporte.

En la práctica, se han realizado diversos trabajos para evaluar la sustentabilidad de proyectos de infraestructura utilizando en su metodología una o más técnicas de MCDA, como lo es AHP, Delphi, MIVES, Dinámica de Sistemas, principalmente en la etapa de selección de indicadores, así mismo en el paso que corresponde a ponderar o definir los pesos específicos de cada uno de los criterios e indicadores para medir el nivel de sustentabilidad. Por ejemplo. Fernández-Sánchez y Rodríguez-López (2011), Mendoza (2014) Diaz-Sarachaga et al. (2016) Yao et al. (2011) Zhang et al. (2014) Zhou y Liu (2015), Fernández et al. (2020), entre otros más.

Se ha mencionado la necesidad de seleccionar indicadores agrupados en criterios de acuerdo con cada una de las dimensiones o pilares de la sustentabilidad. Para su selección debemos considerar los atributos que deben de reunir y las funciones que deben cumplir, de tal manera que nos sean útiles.

### **Tren Interurbano México - Toluca**

De acuerdo con Navarro (2007), durante el porfiriato, entre 1873 y 1910, se construyó prácticamente toda la red nacional de ferrocarriles que en la actualidad existe, el decaimiento se produce entre 1910 y 1970, y es a partir de ese año que los ferrocarriles ya no se pudieron recuperar, lo que provocó que en 1997 fueran privatizados. Ahora buscan revitalizarse con el soporte de la alta tecnología y la fortaleza del comercio global.

Durante el sexenio 2012 - 2018, se relanzó el tren de pasajeros como una opción rápida, segura y sustentable de transporte interurbano (SHCP, 2018), en el PNI 2014-2018 se plantea la “Estrategia 1.2 Generar infraestructura para una movilidad de pasajeros moderna, integral, ágil, segura, sustentable e incluyente” (SHCP, 2018), y la administración federal 2018-2024, en su Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2020-2024, menciona la necesidad de una red de transporte sustentable (SICT, 2020).

En 2014, la administración federal da inicio al proyecto Tren Interurbano México-Toluca (TIMT), el cual, de acuerdo con datos de la SICT (2022) unirá el Valle de Toluca con el Valle de México a través de 57.8 kilómetros, así como las poblaciones en ese trayecto estableciendo dos terminales y cinco estaciones intermedias, además de las instalaciones de talleres y cocheras. Movilizará a 230 mil pasajeros diarios a una velocidad de operación promedio de 90 km/h, con 30 trenes de 5 coches cada uno, con un presupuesto inicial de \$ 38,608 millones de pesos. El TIMT se promovió mencionando algunos de los beneficios y hacia el medio ambiente (Figura 1), hacia los usuarios, así como la generación de empleos durante la construcción (Figura 2). La administración pública le colocó la etiqueta de transporte sustentable. Sin embargo, al primer trimestre de 2022, el presupuesto destinado

asciende a \$103, 616 millones de pesos, el tiempo de ejecución pasó de 2 a 9 años, el avance de obra es del 76.89% (SHCP, 2022).

Figura 1. Cartel informando acciones de reforestación, de restauración y de conservación del suelo como parte del proyecto TIMT.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Grupo de empleados del proyecto TIMT.



Fuente: Elaboración propia

El proyecto pasa, en el Estado de México, por cinco municipios: Zinacantepec, Toluca, Metepec, San Mateo Atenco, Lerma y Ocoyoacac. En su tramo dentro de la CDMX, el proyecto cruza por las alcaldías Cuajimalpa de Morelos y Álvaro Obregón. En la Figura 3 se muestra el trazo del TIMT, así como los tramos que lo conforman.

Figura 3. Trazo del Tren Interurbano México – Toluca y avance en porcentaje por tramo.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la SICT del 2014 y del 2021

Este proyecto fue anunciado como una alternativa segura, rápida, cómoda, sustentable y accesible en precio; sin embargo, han surgido conflictos socioambientales desde el inicio de los trabajos. Ugalde y Vera (2019) documentan el conflicto social generado en torno al TIMT surgido en el Poniente de la CDMX, principalmente por el trazo inicialmente propuesto para el proyecto y la falta de acceso a la información y consulta por parte de la promotora (gobierno federal y del entonces gobierno del Distrito Federal). De acuerdo con Gutiérrez Ortiz (2020, en Azamar y Rodríguez 2020), los pobladores de San Jerónimo Acazulco denuncian una afectación inmensa a la flora y el corredor hídrico (Figura 4), integrado por siete manantiales, debido a la construcción del tren.

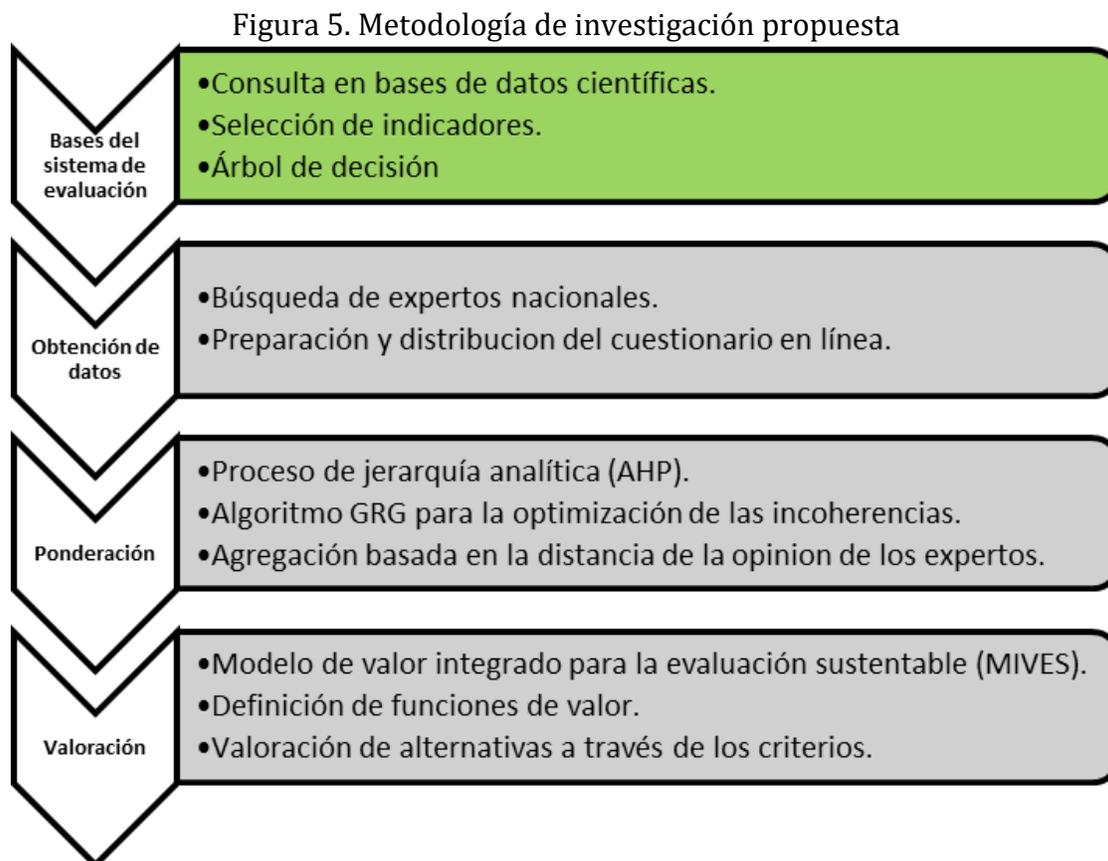
Figura 4. Remoción de vegetación y de suelo en el área de construcción del TIMT.



Fuente. Elaboración propia

## Metodología

La base principal de la metodología propuesta, Figura 5, parte de la desarrollada por Díaz-Sarachaga et al. (2016) para la elaboración del SIRSDEC, considerando que dicho sistema fue elaborado para ser implementado en países en desarrollo, tomando en cuenta las tres dimensiones de la Triple línea Base (TBL por sus siglas en inglés) además de la dimensión gestión. Por lo anterior, se establece la siguiente metodología a seguir para este trabajo de investigación:

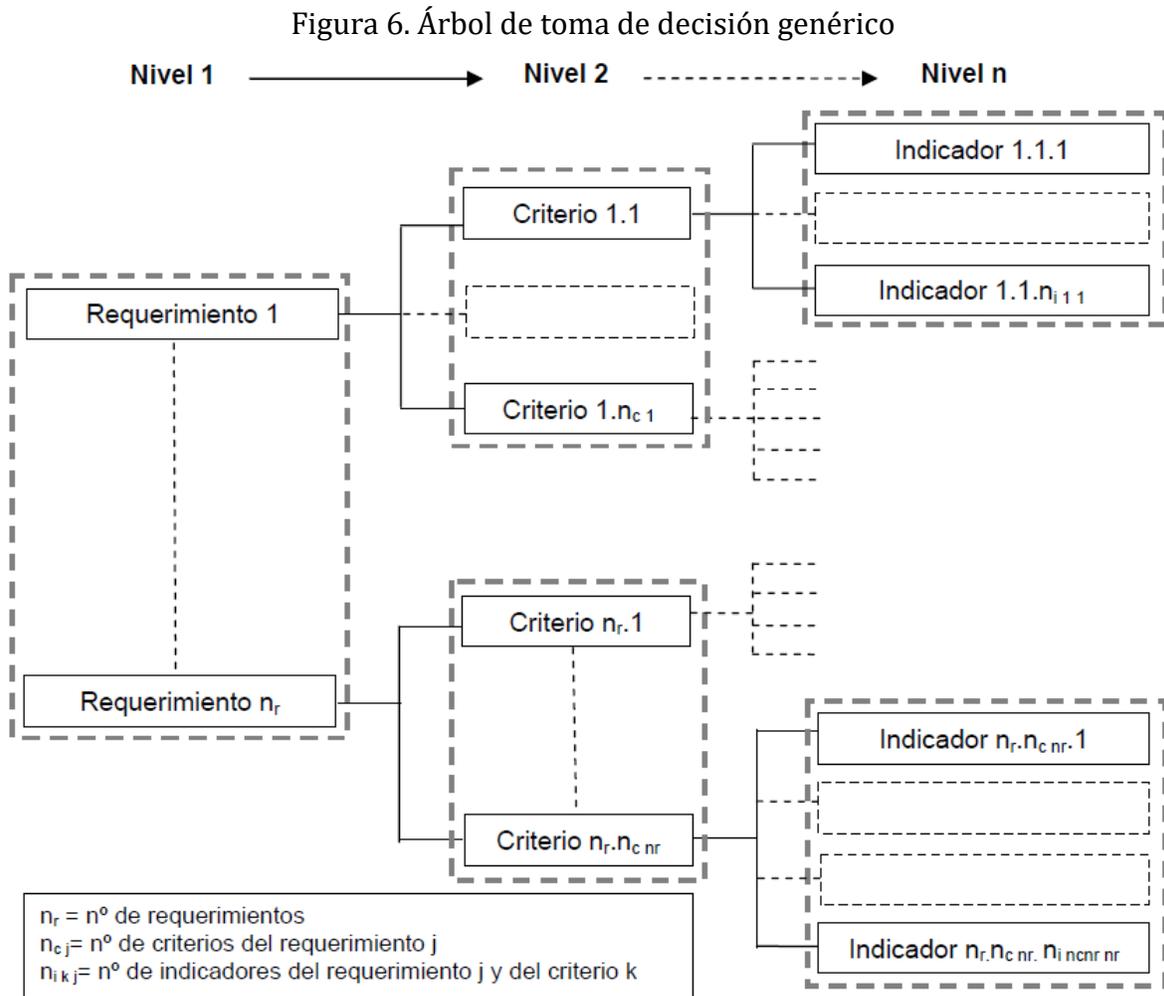


Fuente: Elaboración propia, adaptado de Díaz-Sarachaga et al., 2016

La metodología propuesta se desarrolla en cuatro fases. Actualmente, se reporta el avance de la primera fase, la cual tiene el objetivo de seleccionar los indicadores para evaluar el nivel de sustentabilidad del proyecto TIMT. Consiste en realizar la búsqueda bibliográfica utilizando palabras clave: “sustainability”, “assessment”, “infrastructure”, “indicator”, “index”, “railway”, una búsqueda más avanzada incluye la palabra “rail”, esto se efectúa en las bases de datos científicas ScienceDirect, Web of Science y Google académico.

A continuación, se elabora una base de datos con los campos: Autor, Dimensión/pillar, Criterio, Indicador, Descripción/ Definición y Forma de calcularlo. Para posteriormente realizar la selección de indicadores aplicando los criterios: aquellos que cumplan con la funcionalidad de indicadores (simplificación, cuantificación y comunicación), mayor frecuencia (descartando aquellos que se mencionen solo una vez), que haya posibilidad de obtener información para su cuantificación y descartar estándares y/o normativas de

competencia exclusivamente extranjera. Con estos indicadores seleccionados, se elabora un árbol de toma de decisión de tres niveles, como se muestra en la Figura 6,: Requerimiento (pilar/dimensión), Criterio e Indicador.



Fuente: Tomado de DECA (2009)

## Resultados

En primera instancia, se obtuvo un listado de indicadores producto de la búsqueda bibliográfica, el cual se conformó de 1,021 indicadores de 23 fuentes distintas, las cuales se muestran en la Tabla 2, 21 de ellas proponen menos de 89, siendo 112 el listado con mayor cantidad de indicadores y el menor contiene. Cabe mencionar que no todas las fuentes abordan las mismas dimensiones, de hecho, la mayoría incluyen las dimensiones ambiental, social y económica, en menor proporción corresponden aquellas que incluyen dimensiones como la institucional, técnica, gestión, seguridad y uso del suelo.

Tabla 2. Cantidad de indicadores recopilados por fuente (continúa)

<b>Fuente</b>	<b>Cantidad de indicadores</b>
Suprayoga et al., 2020	112
Ferrandes Ferrarez et al, 2020	97
Stanitsas et al., 2021	82
Fernández y Rodríguez, 2010	80
Bhattacharia et al., 2019	66
Liu et al, 2020	64
Paredes et al., 2019	62
Mendoza, 2014	55
Lin et al., 2017	46
Mansourianfar y Haghshenas, 2018	37
Griškevičiūtė-Gečienė y Griškevičienė, 2016	34
Marnewick, 2017	34
Shen et al., 2011	31
Yu et al., 2018	30
Fernández-Sánchez y Rodríguez, 2011	30
Díaz-Sarachaga et al., 2017	29
Krajangsri y Pongpeng, 2019	28
Chen et al., 2021	23
Simionescu y Silviu, 2016	22
Oltean et al., 2013	21
Rahul y Verma, 2018	17
Sierra et al., 2017	11
Rao, 2021	10

Fuente: Elaboración propia

Una depuración posterior realizada con el apoyo del programa ATLAS.ti 22, así como el tratamiento del listado inicial para estandarizar el lenguaje, permitió obtener un listado de 89 indicadores, 15 criterios en cuatro dimensiones: social, ambiental, económica e institucional. A partir de este listado, se elaboró el árbol de toma de decisión que se muestra en la Figura 7.

Los indicadores de la Figura 7 serán sometidos a consulta de un grupo de expertos para determinar el peso específico o ponderación, así como los criterios y las dimensiones, esto con el propósito de conocer la relación entre las cuatro dimensiones, toda vez que se parte de que la sustentabilidad es el equilibrio que se guarda entre estas.

Figura 7. Árbol de decisión a partir de los indicadores seleccionados

Dimensión	Criterio	Indicador
SOCIAL	Derechos humanos y laborales	Identificar a las partes interesadas (stakeholders) y desarrollar un plan de participación de la comunidad
		Seguridad y salud de la comunidad
		Acceso de las comunidades a servicios públicos
		Acceso de las comunidades a los servicios ecosistémicos
		Desplazamiento y reubicación de residentes (propietarios/poseedores)
		Compensación justa por adquisición de tierras
		Seguridad y salud de los usuarios
		Protección a los derechos laborales
	Movilidad y accesibilidad	Tiempo de viaje
		Reducción de los viajes en vehículo al incentivar el uso del transporte público
		Mejora en la movilidad física y social de todas las personas
		Integración intermodal
		Nivel de satisfacción de la demanda
		Satisfacción del usuario
		Garantizar el acceso a usuarios con discapacidad
	Diseño y construcción de proyecto con perspectiva de género	
Bienestar social y equidad	Integración de los planes del proyecto con las preocupaciones locales	
	Mejora del desarrollo y crecimiento sostenible local	
	Población beneficiada /afectada aledaña a la ruta	
	Número de Empleos generados	
	Aceptación social del proyecto	
Cultura	Necesidad/urgencia social de la obra	
	Respeto de las costumbres locales	
	Patrimonio histórico, cultural y arqueológico afectado/beneficiado	
	Protección del entorno de la comunidad local	
AMBIENTAL	Energía	Consumo de energía durante en el ciclo de vida
		Uso/consumo de energías renovables
		Ahorro/eficiencia energética
	Residuos	Gestión integral de residuos durante el ciclo de vida (desviación/reducción)
		Almacenamiento y recolección de reciclables
		Gestión integral de residuos peligrosos
	Materiales y recursos	Generación de residuos
		Uso de materiales regionales
		Uso de materiales/recursos sostenibles
		Consumo de materiales reciclados
	Emisiones	Evaluación del ciclo de vida de los materiales de mayor uso
		Emisiones de Gases de Efecto Invernadero
		Emisiones sonoras
		Emisiones de olores
		Emisiones de polvos, cenizas y material particulado
	Recursos naturales	Contaminación lumínica
		Protección y preservación de recursos hídricos
		Consumo de agua durante el ciclo de vida
		Gestión del uso y calidad del agua
		Protección y preservación de suelos
Nivel de la erosión y sedimentación		
Superficie del proyecto de alto valor ecológico (ANP, suelo de conservación, entre otras)		
Protección de ecosistemas y servicios ecosistémicos		
Aplicación de soluciones paisajísticas sensibles al contexto		

## **Conclusiones**

Los proyectos de infraestructura de transporte ferroviario de pasajeros resultan ser de mucha importancia en la actualidad, al satisfacer la necesidad de movilidad entre dos o más puntos. Ya ha quedado de manifiesto el universo de beneficios que la infraestructura y el transporte de personas traen consigo, las cuestiones aumentan cuando se califica a este tipo de proyectos como “sustentables”, toda vez que también se tienen precedentes de todas las afectaciones tanto ambientales como sociales que traen consigo. Por lo que resulta importante y necesario medir el nivel de sustentabilidad de los proyectos de infraestructura de transporte ferroviario de pasajeros, en este caso, el Tren Interurbano México – Toluca, a fin de conocer el desempeño en cuestión de los postulados y principios del desarrollo sustentable.

La consulta bibliográfica fue un instrumento que permitió determinar los indicadores propuestos para evaluar el nivel de sustentabilidad del TIMT, también facilitó el recopilar indicadores de acuerdo con las dimensiones de la TBL y para la institucional. Aunque la mayoría de las publicaciones están relacionados con estudios fuera de México, son útiles al tratarse de infraestructuras de transporte. El incluir estudios de ferrocarriles/ trenes, las hacen aún más útiles. Sin embargo, se observa que la selección de indicadores es sensible al entorno del proyecto y el contexto país, por lo que se espera que la ponderación también manifieste esta cualidad.

Para esta fase de la investigación, se cubre el objetivo particular de seleccionar los indicadores para evaluar el nivel de sustentabilidad del proyecto TIMT. Si bien la cantidad de estos es elevada en comparación a la mayoría de las fuentes consultadas, es importante que en la siguiente fase se determine la ponderación de cada uno, puesto que podría permitir reducir el listado. Aunque debe ser mesurada este recorte, ya que se debe evitar un enfoque simplista y reduccionista en la evaluación de la sustentabilidad. Además, es posible que el proceso se vea influenciado por el contexto mundial, puesto que los proyectos de infraestructura son afectados por los costos de los materiales y energéticos, y que las lecciones aprendidas de la pandemia por el COVID-19 obligan a considerar medidas e inversiones sin precedentes, por lo que se esperan respuestas ante el proceso de reconfiguración del orden mundial.

## Referencias

- Alnoaimi, A. y Rahman, A.** (2019) Sustainability assessment of sewerage infrastructure projects: A conceptual framework. *International Journal of Environmental Science and Development*, Vol. 10, No. 1, January 2019. doi: 10.18178/ijesd.2019.10.1.1140
- Bhattacharya, A., Contreras, C., Jeong, M., Amin, A., Watkins, G., Silva, M. Zuniga** (2019). Atributos y marco para la infraestructura sostenibles. Informe de consulta. Nota técnica No. IDB-TN-01653. <http://dx.doi.org/10.18235/0001723>
- Bolívar Villagómez, G.** (2021). 3. La inversión extranjera directa y el estado de derecho a la luz del T-MEC. En *La implementación del T-MEC: una prueba para América del Norte*. Senado de la República. Pp 67-95 Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/605743/Compendio-TMEC\\_Senado-SE-Digital.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/605743/Compendio-TMEC_Senado-SE-Digital.pdf)
- Bueno, P. C., Vassallo, J.M. y Cheung, K.** (2015) Sustainability assessment of transport infrastructure projects: A review of existing tools and methods. *Transport Reviews*, 35(5), 622–649. <http://dx.doi.org/10.1080/01441647.2015.1041435>
- Chapela, G. y Merino, L.** (2019). Hacia una política forestal sustentable e incluyente. Los bosques de México, problemas y propuestas. En Merino, L. (2019). *Crisis ambiental en México. Ruta para el cambio*. Instituto de Investigaciones Sociales. UNAM. ISBN 978-607-30-2333-7.
- Chen, D., Xiang, P., Jia, F.** (2022). Performance Measurement of Operation and Maintenance for Infrastructure Mega-Project Based on Entropy Method and D-S Evidence Theory,

Ain Shams Engineering Journal, Volume 13, Issue 2, 2022, 101591, ISSN 2090-4479,  
<https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.09.018>.

**Corfee-Morlot, J., Rydge, J., Gencsu, I., Bhattacharya, A.** (2016). The Sustainable Infrastructure Imperative: Financing for Better Growth and Development. DOI: 10.13140/RG.2.2.12364.00640.

**De la Cruz Romero, M. A., Delgado Trujillo, J.A., Hernández Moreno, W. A. y Domínguez Pérez, G. A.** (2010). Sustentabilidad de los proyectos de ingeniería civil y la evaluación del riesgo de la construcción en México. XIV International Congress On Project Engineering Madrid, España. Disponible en: [https://www.aepro.com/files/congresos/2010madrid/ciip10\\_0105\\_0117.2759.pdf](https://www.aepro.com/files/congresos/2010madrid/ciip10_0105_0117.2759.pdf)

**Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental** (2021). Modelo Integrado de Valor para una Evaluación Sostenible. Universitat Politècnica de Catalunya. Disponible en: <https://deca.upc.edu/es/proyectos/mives> (1 de noviembre de 2021).

**Diaz-Sarachaga, J.M., Jato-Espino, D., Alsulami, B., Castro-Fresno, D.,** (2016). Evaluation of existing sustainable infrastructure rating systems for their application in developing countries. Ecol. Indicat. 71, 491e502. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.07.033> 1470-160X/

**Fernandes Ferrarez, R. P., Viana Vargas, R., Carvalho Alvarenga, J., Kowal Chinelli, C., De Almeida Costa, M., Lino de Oliveiras, B., Naked Haddad, A., y Pereira Soares, C.A.** (2020) Sustainability Indicators to Assess Infrastructure Projects: Sector Disclosure to Interlock with the Global Reporting Initiative, Eng. J., vol. 24, no. 6, pp. 43-61, Nov. 2020. Online at <https://engj.org/> DOI:10.4186/ej.2020.24.6.43

**Fernández-Sánchez, G. Rodríguez-López, F.** (2011). Propuesta para la integración de criterios sostenibles en los proyectos de ingeniería civil: un caso práctico. Informes de la Construcción Vol. 63, 524, 65-74, abril-junio 2011 ISSN: 0020-0883 eISSN: 1988-3234 doi: 10.3989/ic.10.043

**Griškevičiūtė-Gečienė, A., y Griškevičienė, D.** (2016). The Influence of Transport Infrastructure Development on Sustainable Living Environment in Lithuania, Procedia Engineering, Volume 134, 2016, Pages 215-223, ISSN 1877-7058, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.062>.

**Gutiérrez Barba, B.E.** (2016). Innovación y sustentabilidad en la Escuela. Lecciones para aprender y emprender el cambio. Editorial Corinter- Gedisa

**Gutiérrez Ortiz, Y. M., López Moreno, I. y García Yagüe, S.** (2020) Tren Interurbano México – Toluca. Ejemplo de despojo ambiental por corrupción. En Azamar Alonso, A. y Rodríguez Wallenius, C. A. (2020) Conflictos sociales por megaproyectos extractivos, de infraestructura y energéticos en la Cuarta Transformación. Rosa-Luxemburg-Stiftung Gesellschaftsanalyse und Politische Bildung e.V. Oficina regional para México, Centroamérica y el Caribe. Disponible en: <https://www.rosalux.org.mx/sites/default/files/conflictos-megaproyectos-4t.pdf>

**Institute For Sustainable Infrastructure** (30 de abril de 2021). <https://sustainableinfrastructure.org>

- Krajangsri, T., Pongpeng, J.** (2019) Sustainable Infrastructure Assessment Model: An Application to Road Projects. *KSCE J Civ Eng* 23, 973–984 .  
<https://doi.org/10.1007/s12205-019-1007-0>
- Lin, H., Zeng, S., Ma, H. Zeng, R, Vivian W.Y. Tam,** (2017). An indicator system for evaluating megaproject social responsibility, *International Journal of Project Management*, Volume 35, Issue 7, 2017, Pages 1415-1426, ISSN 0263-7863, <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.04.009>.
- Liu, B., Xue, B. y Chen, X.** (2021). Development of a metric system measuring infrastructure sustainability: Empirical studies of Hong Kong. *Journal of Cleaner Production*, 278 doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123904
- Lizarralde, R., y Ganzarain, J.** (2019). A Multicriteria Decision Model for the Evaluation and Selection of Technologies in a R&D Centre. *International Journal of Production Management and Engineering*, 7(Special Issue), 101-106. <https://doi.org/10.4995/ijpme.2019.11458>
- Mansourianfar, M. H., y Haghshenas, H.** (2017) Micro-scale sustainability assessment of infrastructure projects on urban transportation systems: Case study of Azadi district, Isfahan, Iran, *Cities*, Volume 72, Part A, 2018, Pages 149-159, ISSN 0264-2751, <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.08.012>
- Carl Marnewick, C.** (2017). Information system project's sustainability capability levels, *International Journal of Project Management*, Volume 35, Issue 6, 2017, Pages 1151-1166, ISSN 0263-7863, <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.02.014>.
- Mendoza Sánchez, J. F.** (2014). Criterios de sustentabilidad para carreteras en México. *Publicación Técnica No. 392*, Sanfandila, Qro. IMT. Disponible en: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt392.pdf>
- Mendoza Sánchez, J.F., Marcos Palomares, O. A. y Adame Valenzuela, E.** (2021). Marco para el diseño de proyectos ambientalmente sustentables para el transporte público urbano en México. *Publicación Técnica No. 616*, Sanfandila, Qro. IMT. Disponible en: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt616.pdf>
- Morales, J.C.** (2018). El Tren Interurbano México – Toluca (TIMT) en la Ciudad de México: entre la gestión empresarial y el derecho a la ciudad. *Revista de Geografía Espacios*. N° 16, vol. 8, 2018:39-68. ISSN 07919-7209.
- Naciones Unidas** (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre el medio Ambiente y el Desarrollo. *Nuestro Futuro común*. Disponible en: [https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE\\_LECTURE\\_1/CMMA D-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf](https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMA D-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf)
- Navarro López, R.** (2007). Ferrocarriles y desarrollo regional. Análisis sobre el monto de la carga ferroviaria de Tamaulipas en el contexto de la red nacional, antecedentes, actualidad y retos. *CienciaUAT*. 1(4): 34-40 (Abr - Jun 2007). ISSN 2007-7521
- Oltean-Dumbrava, C. & Watts, g., & Miah, A.** (2013) Transport infrastructure: making more sustainable decisions for noise reduction, *Journal of Cleaner Production*, Volume 42, 2013, Pages 58-68, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.10.008>.

- Organización de las Naciones Unidas México** (2017). Metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En [https://www.onu.org.mx/wp-content/uploads/2017/07/180131\\_ODS-metas-digital.pdf](https://www.onu.org.mx/wp-content/uploads/2017/07/180131_ODS-metas-digital.pdf)
- Osorio Gómez, J. C. y Orejuela Cabrera, J. P.** (2008) El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación. *Scientia et Technica* Año XIV, No 39, septiembre de 2008. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84920503044>
- Paredes, G. A., Herrera, R. F., & Gómez, M. Ángel.** (2019). Indicadores de sustentabilidad para la toma de decisiones en proyectos de caminos básicos. *Novasinergia*, ISSN 2631-2654, 2(2), 38–48. <https://doi.org/10.37135/unach.ns.001.04.04>
- Paz, M. F.** (2012). Deterioro y resistencias. Conflictos socioambientales en México. En Tetreault, D.; Ochoa-García, H. y Hernández-González E. Coords. (2012) Conflictos socioambientales y alternativas de la sociedad civil. Guadalajara: ITESO. Disponible en: [https://riosantiago.jalisco.gob.mx/sites/default/files/recursos/conflictos\\_socioambientales\\_y\\_alternaniticcas.pdf](https://riosantiago.jalisco.gob.mx/sites/default/files/recursos/conflictos_socioambientales_y_alternaniticcas.pdf)
- Pérez, M. N, y Téllez, L. C.** (2018). La Supervía Poniente de la Ciudad de México. Conflicto urbano-ambiental, interdisciplina y sustentabilidad. *Quid 16* N°8 -Dic.2017-May.2018- (106-129). Disponible en: <https://publicaciones.sociales.uba.ar/index.php/quid16/article/view/2560/2250>
- Presidencia de la República** (2021). Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
- Rahul, T. M. & Verma, A.** (2018) Sustainability analysis of pedestrian and cycling infrastructure – A case study for Bangalore, *Case Studies on Transport Policy*, Volume 6, Issue 4, 2018, Pages 483-493, ISSN 2213-624X, <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2018.06.001>.
- Rao, S-H.** (2021) Transportation synthetic sustainability indices: A case of Taiwan intercity railway transport, *Ecological Indicators*, Volume 127, 2021, 107753, ISSN 1470-160X, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107753>.
- Santes, R. A. y Reimann, H. G.** (2013). Gobernanza de la infraestructura y sustentabilidad ecosistémica en Punta Colonet, Baja California, México. Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigaciones Sociales. *Revista Mexicana de Sociología* 75, núm. 1 (enero-marzo, 2013): 91-124. México, D.F. ISSN: 0188-2503/13/07501-04.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes** (2014). Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad De Tren Toluca-Valle de México, entre el Estado de México y el Distrito Federal. Ciudad de México.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes** (2020). Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2020-2024. Ciudad de México. Disponible en:

<https://www.gob.mx/sct/documentos/programa-sectorial-de-comunicaciones-y-transportes-2020-2024>

**Secretaría de Hacienda y Crédito Público** (2018). Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018. Informe de avance y resultados 2018. Ciudad de México. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/442739/06pe\\_nacional\\_infraestructuraAyR2018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/442739/06pe_nacional_infraestructuraAyR2018.pdf)

**Secretaría de Hacienda y Crédito Público** (2022). Informes Sobre la Situación Económica, las Finanzas Públicas y la Deuda Pública. Primer trimestre 2022. Disponible en: [https://www.finanzaspublicas.hacienda.gob.mx/es/Finanzas\\_Publicas/Informes\\_al\\_Congreso\\_de\\_la\\_Union](https://www.finanzaspublicas.hacienda.gob.mx/es/Finanzas_Publicas/Informes_al_Congreso_de_la_Union)

**Shaw, G., Kenny, J., Kumar, A. y Hood, D.** (2012). Sustainable infrastructure operations: A review of assessment schemes and decision support. In Chong, L (Ed.) Proceedings of the 25th Australian Road Research Board Conference. Australian Road Research Board (ARRB), Australia, pp. 1-18. En: <https://eprints.qut.edu.au/58224/>

**Shen, Liyin & Asce, M & Wu, Yuzhe & Zhang, Xiaoling.** (2011). Key Assessment Indicators for the Sustainability of Infrastructure Projects. Journal of Construction Engineering and Management. 137. 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000315.

**Sierra, L. A., Pellicer, E. Y Yepes, V.** (2017). Method for estimating the social sustainability of infrastructure projects, Environmental Impact Assessment Review, Volume 65, 2017, Pages 41-53, ISSN 0195-9255, <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.02.004>.

**Sierra-Varela, LA.; Yepes, V.; Pellicer, E.** (2018). A Review of Multi-Criteria Assessment of the Social Sustainability of Infrastructures. Journal of Cleaner Production. 187:496-513. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.022>

**Simionescu, V., & Silviu, G.** (2016). Assessing Sustainability of Railway Modernization Projects; A Case Study from Romania, Procedia Computer Science, Volume 100, 2016, Pages 458-465, ISSN 1877-0509, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.182>.

**Suárez-Alemán, Ancor; Silva Zuniga, Mariana C.** (2020). Hacia una preparación eficiente y sostenible de proyectos de infraestructura: Identificando mejoras de eficiencia en la preparación de los componentes ambientales, prediales, y sociales de las asociaciones público-privadas y obra pública tradicional en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. INERCO Consultoría Colombia. <http://dx.doi.org/10.18235/0002655>

**BREE Group Sustainability rating scheme for infrastructure.** (30 de abril de 2021) <https://www.ceequal.com>

**Stanitsas, M., Kirytopoulos, K. y , Leopoulos, V.** (2021) Integrating sustainability indicators into project management: The case of construction industry, Journal of Cleaner Production, Volume 279, 2021, 123774, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123774>.

**Suprayoga, G.B., Bakker, M., Witte, P. y Spit, T.** (2020) A systematic review of indicators to assess the sustainability of road infrastructure projects. Eur. Transp. Res. Rev. 12, 19 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12544-020-0400-6>

- Thokala, P y Duenas,A** (2012) Multiple Criteria Decision Analysis for Health Technology Assessment, Value in Health, Volume 15, Issue 8, 2012, Pages 1172-1181, ISSN 1098-3015, <https://doi.org/10.1016/j.jval.2012.06.015>.
- Toskano Hurtado, G. B.** (2005). El proceso de Análisis Jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. Universidad Nacional mayor de San Marcos, Lima, Perú. Disponible en: [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/toskano\\_hg/cap3.PDF](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/toskano_hg/cap3.PDF).
- Ugalde, V. y Vera Alpuche, J.** (2019). Conflictos por grandes proyectos urbanos en la Ciudad de México. Una introducción a su análisis. En Sobrino, J. y Ugalde, V. (2019) Desarrollo urbano y metropolitano en México. COLMEX. 1 a edición. ISBN 978-607-628-511-4
- U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration.** (30 de abril de 2021) <https://www.sustainablehighways.org/>
- Vecinos Unidos Zona Poniente** (consultado el 8 de octubre de 2020). Pagina perfil de Facebook
- Yao, H., Shen, L., Tan, Y. y Haol, J.** (2011). Simulating the impacts of policy scenarios on the sustainability performance of infrastructure projects. Automation in Construction, 20 (8) (2011), pp.1060-1069. doi: 10.1016/j.autcon.2011.04.007
- Yu, W.-d.; Cheng, S.-t.; Ho, W.-c.; Chang, Y.-h.** (2018). Measuring the Sustainability of Construction Projects throughout Their Lifecycle: A Taiwan Lesson. Sustainability 10, no. 5: 1523. <https://doi.org/10.3390/su10051523>
- Zarta Ávila, P.** (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad. Tabula Rasa, (28), 409-423. Doi: <https://doi.org/10.25058/20112742.n28.18>
- Zhang, X., Wu, Y., Shen, L., Skitmore, M.** (2014). A prototype system dynamic model for assessing the sustainability of construction projects, International Journal of Project Management, Volume 32, Issue 1, 2014, Pages 66-76, ISSN 0263-7863, <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.01.009>.
- Zhou, J., Liu, Y.** (2015). The Method and Index of Sustainability Assessment of Infrastructure Projects Based on System Dynamics in China. Journal of Industrial Engineering and Management JIEM, 2015 – 8(3): 1002-1019 – Online ISSN: 2013-0953 – Print ISSN: 2013-8423 <http://dx.doi.org/10.3926/jiem.1496>
- Cipoletta Tomassian, G.** (2011). Propiciando un cambio de paradigma en las políticas de transporte: integralidad, sostenibilidad y comodalidad. CEPAL. Boletín FAL Edición N° 304, número 12 de 2011. <http://hdl.handle.net/11362/36139>

